

Adaptação e Aclimatação Animal

Ana Maria Bridi

INTRODUÇÃO

Os animais portam-se como um sistema termodinâmico, que continuamente trocam energia com o ambiente. Neste processo, os fatores externos do ambiente tendem a produzir variações internas no animal, influenciando na quantidade de energia trocada entre ambos, havendo então a necessidade de ajustes fisiológicos para a ocorrência do balanço de calor.

ADAPTAÇÃO a um dado ambiente está relacionada com mudanças estruturais, funcionais ou comportamentais observadas no animal, objetivando a sobrevivência, reprodução e produção em condições adversas.

No **conceito biológico**, adaptação é o resultado da ação conjunta de características morfológicas, anatômicas, fisiológicas, bioquímicas e comportamentais, no sentido de promover o bem-estar e favorecer a sobrevivência de um organismo em um ambiente específico.

Já a **adaptação genética** é um conjunto de alterações herdáveis nas características que favorecem a sobrevivência de uma população de indivíduos em um determinado ambiente, podendo envolver modificações evolutivas em muitas gerações (seleção natural) ou a aquisição de propriedades genéticas específicas (seleção artificial).

A **ACLIMATAÇÃO** refere-se a mudanças adaptativas (normalmente produzidas em câmaras climáticas) em resposta a uma única variável climática. A **ACLIMATIZAÇÃO** é os ajustamentos fisiológicos adaptativos duradouros, que resultam em aumento de tolerância a contínuas ou repetitivas exposições a vários estressores climáticos (normalmente produzidos sob condições de campo).

Para melhor compreensão da adaptação e aclimatação dos animais será discutido os processos utilizados pelo animais para manter a temperatura corporal relativamente constante, os mecanismos gerais de adaptação e os específicos para bovinos, aves e suínos.

HOMEOTERMIA E REGULAÇÃO DA TEMPERATURA CORPORAL

Fatores ambientais externos e o microclima dentro das instalações exercem efeitos diretos e indiretos sobre a produção animal em todas as fases de produção e acarretam redução na produtividade, com conseqüentes prejuízos econômicos.

O conhecimento das respostas ou adaptações fisiológicas, físicas e comportamentais dos animais relacionados ao ambiente térmico nos permite a tomada de medidas e/ou alteração de manejo, da nutrição, instalações e equipamentos, objetivando a maximização da atividade.

O Brasil apresenta enorme área territorial e clima diversificado entre as regiões. Em grande parte do país verifica-se temperatura do ar elevada durante todo o ano associada à umidade relativa do ar também alta.

Os principais animais de produção de carne, leite, lã, pele e ovos são homeotérmicos. Os **ANIMAIS HOMEOTÉRMICOS** mantêm a temperatura corporal dentro de certos limites relativamente estreitos, mesmo que a temperatura ambiente flutue e que sua atividade varie intensamente.

Para os animais homeotérmicos manterem a temperatura corporal relativamente constante, eles necessitam, através de variações fisiológicas, comportamentais e metabólicas, produzir calor (para aumentar a temperatura corporal quando a temperatura diminui) ou perder calor para o meio (diminuir a temperatura corporal no estresse calórico).

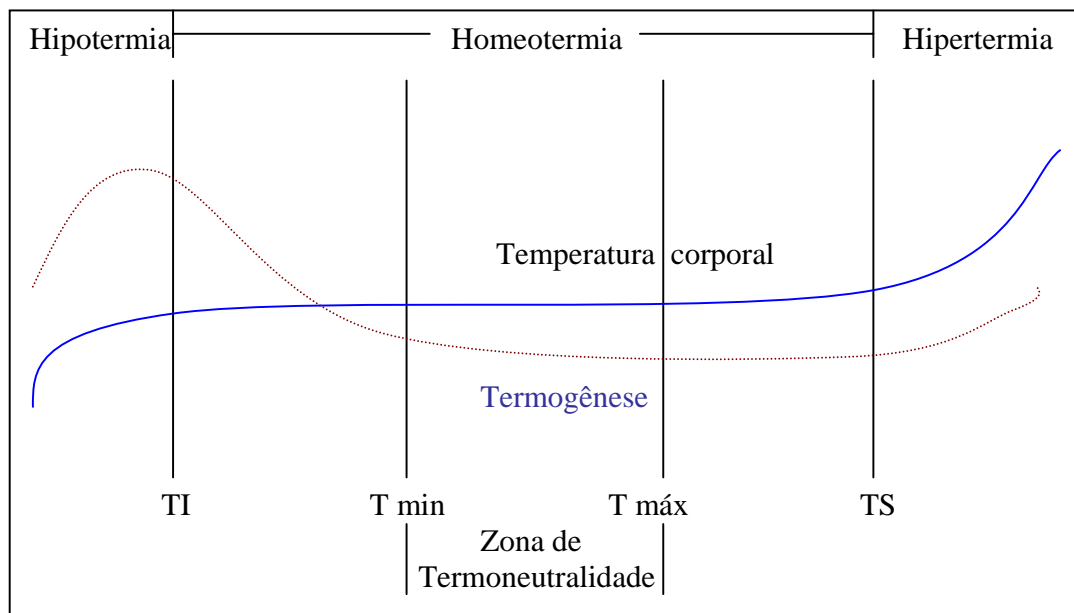


Gráfico 1: Variações da temperatura corporal de um animal homeotérmico em função da temperatura ambiente.

De acordo com o gráfico, os animais homeotérmicos possuem uma **zona de termoneutralidade** (entre T_{\min} e T_{\max}), ou seja, uma faixa de temperatura ambiente em que o animal não precisa produzir ou perder temperatura corporal, e seu metabolismo é mínimo. Essa zona de temperatura é onde os animais estão em conforto térmico (entre temperatura mínima e temperatura máxima) e podem expressar seu máximo potencial genético.

A **zona de conforto térmico é dependente** de diversos fatores, sendo alguns ligados ao animal, como peso, idade, estado fisiológico, tamanho do grupo, nível de alimentação e genética e outros ligados ao ambiente como a temperatura, velocidade do vento, umidade relativa do ar, tipo de piso.

Também, existe uma zona de temperatura ambiental em que o animal consegue manter a sua homeotermia (entre TI e TS), ou seja, manter a sua temperatura interna relativamente estável, independente da temperatura ambiental. Entretanto, o animal necessitará de ajustes fisiológicos para manter a

temperatura corporal constante. Quando a temperatura ambiente encontra-se abaixo da temperatura de conforto, o animal precisa produzir calor corporal (**termogênese**). Já, quando a temperatura ambiente encontra-se acima da zona de conforto térmico (**termólise**), o animal precisa perder calor para o ambiente. Ambos os casos irão utilizar a energia de manutenção para gerar ou dissipar calor, diminuindo a energia que seria utilizada para a produção e/ou reprodução.

Abaixo da TI, o animal não consegue aporte de energia térmica suficiente para compensar as perdas, e acima de T5, o organismo é incapaz de impedir a elevação de sua temperatura interna, ocorrendo hipotermia e hipertermia respectivamente.

Os animais possuem mecanismos básicos para perder/absorver calor para o ambiente. Estes mecanismos podem ser divididos em duas categorias: os **NÃO-EVAPORATIVOS** ou **SENSÍVEL** e os **EVAPORATIVOS OU LATENTES**.

Os meios não- evaporativos incluem condução, convecção e radiação e requerem um diferencial de temperatura entre o animal e o meio ambiente. Os evaporativos ou latentes incluem a perda de calor por evaporação de água por respiração e sudorese (mudança do estado da água de líquido para gasoso).

A condução térmica é o mecanismo de transferência de energia térmica entre dois corpos ou entre partes de um mesmo corpo, através da energia cinética das moléculas, esse fluxo passa das moléculas de alta energia para as de baixa, ou seja, de zonas de alta temperatura para outra inferior. É necessário um contato direto entre as moléculas dos corpos envolvidos.

A convecção ocorre quando uma corrente de fluido líquido ou gasoso, que absorve energia térmica em um dado local e que então se desloca para outro local, onde se mistura com porções mais frias desse fluido e para elas transfere a energia térmica. Quando o animal é envolto pela atmosfera, cuja temperatura é inferior à da sua superfície, a energia térmica é transferida por condução do animal para a camada limite (adjacente à sua superfície).

A radiação pode ser definida como a transferência de energia de um corpo a outro através de ondas eletromagnéticas. Uma superfície comporta-se de três maneiras quanto à radiação:

- refletindo a energia incidente (fração da radiação incidente refletida);
- absorvendo a energia (fração da radiação incidente absorvida pela superfície atingida);
- transmitindo a energia (energia incidente que passa através da superfície).

A emissividade é a razão entre a densidade de radiação de um corpo cinza e a de um corpo negro, para as mesmas condições determinantes do fluxo. Por exemplo: emissividade igual a 0,5 significa que ele somente emite metade da radiação que seria emitida por um corpo negro, em condições similares.

Em climas tropicais, a temperatura do ar encontra-se freqüentemente próxima da corporal ou a excede; além disso, a temperatura radiante média do ambiente tende a ser muito mais elevada que a atmosférica. Conseqüentemente, a termólise por convecção e radiação é dificultada ou inibida. Em adição, se a região for também úmida, a perda de calor por evaporação será prejudicada, proporcionando um elevado estresse calórico.

Quando a temperatura ambiente sobe acima de 29°C, a via de perda de calor mais eficiente será por meios evaporativos (transpiração e respiração), sendo responsável, por exemplo, em bovinos a 85% das perdas de calor. Esse tipo de perda é dependente da umidade relativa do ar.

MECANISMOS DE ADAPTAÇÃO

A **SUPERFÍCIE CUTÂNEA**, constituída pela epiderme e seus anexos (pêlos, lã, glândulas sudoríparas e glândulas sebáceas nos mamíferos; penas e penugem nas aves), representa a mais extensa linha de contato entre o organismo e o ambiente.

Os seguintes aspectos estão envolvidos sobre o tipo de pelame e adaptação:

1. Isolamento térmico: efeito do pelame na termólise por perda de calor sensível (condução, convecção e radiação);
2. Eficiência da termólise evaporativa: efeito do pelame sobre a transferência de calor latente de evaporação da epiderme para a atmosfera;
3. Atributos termorreguladores correlacionados: características do pelame que são associados a mecanismos termorreguladores (Ex: dimensões e nível de atividade das glândulas sudoríparas).

Em relação aos pêlos dos animais, as propriedades que irão influenciar as trocas térmicas são: o comprimento, espessura da capa, ângulo de inclinação, diâmetro, densidade de massa, densidade numérica e pigmentação.

O calor conduzido através das fibras é maior do que o conduzido pelo ar, assim, quanto maior o número de fibras por unidade de área e quanto mais grossas forem essas fibras, tanto maior será a quantidade de energia conduzida através da capa. Por outro lado, fibras mais finas, compridas e menos numerosas, formando uma trama mais fechada, resultam em passagem mais limitada de calor devido à maior resistência térmica das fibras. A posição inclinada das fibras resulta em contato mais freqüente entre elas, reduzindo o volume de ar no interior da capa e sua espessura, aumentando a condução térmica. Finalmente, a resistência térmica pode ser aumentada pela presença de fibras finas e lanosas entremeadas com as mais grossas e compridas.

Nas aves, a densidade de massa da plumagem constitui um fator importante para a variação do isolamento térmico. O isolamento térmico da capa

externa de galinhas aumenta linearmente com a densidade de massa da plumagem.

A pigmentação da capa externa do animal também influencia as trocas térmicas entre os animais e o meio ambiente. A pigmentação da epiderme é determinada pela melanina, que é formada nos melanócitos pela oxidação do aminoácido tirosina e sua função é a proteção contra a radiação ultravioleta, função fundamental para os animais que vivem nos trópicos.

A exposição de animais à radiação ultravioleta desencadeia a reação de oxidação da tirosina para a formação de melanina, que então é depositada na epiderme.

As raças bovinas tropicais apresentam sempre epiderme mais pigmentada que as de origem européia. Mas a diferença não está no número de melanócitos por unidade de área, mas na atividade destes.

Os animais com pigmentação da epiderme branca são mais sujeitos a sofrer os efeitos da radiação ultravioleta.

Embora uma capa de coloração clara seja mais reflectante, para que essa vantagem seja efetiva, os elementos da capa (pêlos e penas) devem ser densamente distribuídos e posicionados em ângulo baixo sobre a epiderme, de modo a minimizar a transmissão de ondas curtas através da capa. E a epiderme deve ser pigmentada, o que não é imperativo se a capa for de cor escura.

Num ambiente tropical, o mecanismo físico de termólise considerado mais eficaz é o evaporativo, por não depender do diferencial de temperatura entre o organismo e a atmosfera. Porém, em ambientes muito úmidos, a evaporação pode tornar-se muito lenta ou nula.

A perda e calor latente evaporativo, através das glândulas sudoríparas, é um dos mecanismos de adaptação ao estresse calórico em bovinos, ovinos, eqüinos, caprinos e bubalinos, enquanto que em aves e suínos, que não possuem glândulas sudoríparas (aves) ou são queratinizadas (suínos), essa forma de perda de calor corporal para o meio ambiente é praticamente nula.

Quando um animal é submetido a altas temperaturas, ocorre um aumento da circulação sanguínea para a epiderme, proporcionando uma quantidade adicional de matéria-prima para as glândulas sudoríparas e estimulando a sua ação.

A quantidade de suor produzido depende também do número de glândulas sudoríparas ativas e pelo número de glândulas por unidade de área epidérmica. Animais que vivem em locais sujeitos a altas temperaturas tendem a apresentar uma maior densidade numérica de glândulas sudoríparas.

Os ovinos, pela existência de um pelo espesso que dificulta a evaporação da umidade cutânea, a evaporação respiratória tem sido apontada como o principal mecanismo de termólise.

Para perder calor por evaporação respiratória, o animal aumenta a sua frequência respiratória.

Outra forma de adaptação, em situações de estresse calórico, é diminuir o consumo de oxigênio, para diminuir o metabolismo e, conseqüentemente a produção de calor metabólico.

Para avaliar a adaptação dos animais a um determinado ambiente, deve-se considerar os seguintes fatores:

1. Ambiente: temperatura do ar, temperatura radiante, radiação solar, umidade relativa do ar, vento e pressão atmosférica;
2. Capa externa: espessura, estrutura, isolamento térmico, penetração do vento, ventilação, permeabilidade do vapor, transmissividade, emissividade, absorvidade e refletividade;
3. Características corporais: forma corporal, tamanho e movimentos, área de superfície radiante, área exposta à radiação solar direta, emissividade da epiderme, absorvidade da epiderme;
4. Respostas fisiológicas: temperatura (epiderme, retal), taxa de sudação, trocas respiratórias, produção, taxa de crescimento e desenvolvimento, níveis hormonais (T3, T4, cortisol).

ADAPTAÇÃO DOS BOVINOS

A energia térmica presente no organismo de um animal homeotérmico, como o bovino, é sua maior parte gerada pelos processos metabólicos, e o resto é procedente do meio ambiente, por meio da radiação.

As características morfológicas e a cor do pelame em bovinos são fatores importantes que afetam diretamente as trocas térmicas de calor sensível (convecção cutânea e radiação) e as perdas de calor latente (evaporação cutânea).

Em geral é aceito que o **pelame escuro** apresenta maior absorção e menor reflexão da radiação térmica, resultando em maior estresse térmico para os animais. Entretanto, os **pelames claros** apresentam maior penetração da radiação solar que os escuros.

A quantidade de radiação transmitida através da capa de pelame depende não somente da cor, mas em alto grau de sua estrutura física, principalmente do **número de pêlos por unidade de área**. Bovinos com pelames mais espessos e densos apresentam maior dificuldade para eliminar calor latente via evaporação cutânea, sendo mais adaptados ao clima frio.

A **epiderme pigmentada**, apesar de oferecer uma proteção contra a radiação ultravioleta, absorve maior quantidade de radiação térmica. Então, sobre essa epiderme, os pêlos devem ser mais curtos, grossos e menos numerosos para oferecer menor resistência a termólise por convecção e evaporação cutânea. Entretanto, em epiderme despigmentada, a densidade de pêlos e seu comprimento devem ser maior, para servir de barreira à penetração dos raios solares até a epiderme.

Segundo Silva (1999), o bovino mais adaptado para ser criado a campo aberto em regiões tropicais deve apresentar um pelame (conjunto de pêlos) de cor clara com pêlos curtos, grossos, medulados e bem assentados sobre a epiderme bem pigmentada. Estas características físicas do pelame favorecem a convecção e a evaporação cutânea, ao passo que altos níveis de melanina na epiderme protegem contra a radiação.

Em resumo, o ideal seria um pelame com alto índice de reflectância à radiação e uma epiderme de elevada emissividade, o que implica em alto nível de atividade melanogênica.

Em relação aos pêlos, esses podem sofrer mudanças em decorrência da aclimação dos animais a condições ambientais como temperatura e fotoperíodo. Bovinos, quando submetidos a altas temperaturas apresentaram pêlos menores e com maior espessura, comparativamente aos animais mantidos em temperaturas mais baixas.

Raças de bovinos diferem entre si na perda de calor evaporativo através das **glândulas sudoríparas**. As glândulas de animais de origem europeia tendem a apresentar estrutura de diâmetro menor e com aparência enovelada, ao passo que os zebuínos apresentam glândulas saculiformes de maior diâmetro. Porém, bovinos europeus criados em zonas de clima tropical tendem a apresentar glândulas com características similares às dos zebuínos.

Os zebuínos apresentam **metabolismo** mais baixo do que os apresentados pelos das raças europeias. Assim, numa situação de estresse calórico, os zebuínos podem sustentar seus níveis metabólicos sem queda no consumo de O₂, até temperaturas mais elevadas que os europeus.

A **resistência aos carrapatos**, ectoparasitas típicos de clima tropical, está ligado as características do pelame dos animais. Os animais mais adaptados são aqueles cujo aspecto dos pelos são curtos, lisos, grossos e assentados. Também, pelame que apresenta maior espessura promove um microclima adequado para o desenvolvimento dos carrapatos. Em relação a cor, animais de pelo claro são menos susceptíveis ao carrapato por serem menos susceptível ao estresse térmico, que provoca a baixa da resistência por liberação dos hormônios adrenocorticotróficos.

ADAPTAÇÃO DAS AVES

O melhoramento genético, selecionando aves mais adaptadas ao calor, é uma solução com custo mais baixo do que a mudança do ambiente (climatização das instalações).

Como as avós, que irão gerar o rebanho de frangos de corte/postura no Brasil de um ciclo de produção são melhoradas em países de clima temperado (Canadá, França, Inglaterra, EUA, Holanda, Alemanha), não são selecionadas ao clima tropical brasileiro. Os programas de melhoramento devem ser praticados para melhorar a adaptabilidade ao estresse ambiental, selecionando os fenótipos mais produtivos no ambiente mais próximo, como no caso do Brasil, o tropical, ao qual os animais irão ser criados. Nas aves, existem diferenças entre raças e até mesmo entre linhagens dentro de raças á adaptação ao calor.

O estresse calórico afeta negativamente as aves, porque suas plumagens dificultam a dissipação do calor interno. Então, durante o estresse calórico, a ave aumenta o fluxo sangüíneo para os tecidos periféricos não cobertos de penas (pés, cristas e barbelas) fazendo com que haja uma troca de calor sensível para o meio ambiente. Também, tendem a arrepiar as penas em toda a superfície corporal, na tentativa de incrementar a condutividade térmica da plumagem. Quando as penas estão arrepiadas, ocorre uma substancial termólise por convecção.

Nas aves, a perda de calor por evaporação respiratória possui papel preponderante e aumenta ainda mais sua importância com a elevação da temperatura ambiente, fazendo com que a ave aumente a sua frequência respiratória. Esse processo fisiológico de aclimação, entretanto, pode resultar, quando o aumento e o tempo em que as altas temperaturas são grandes, em alcalose sanguínea, que pode resultar na morte do animal. Nas aves, existem vários genes associados à resistência ao estresse térmico. Alguns como o gene do pescoço pelado (Naked Neck) afetam diretamente esta característica, pela redução da cobertura de penas no corpo da ave, enquanto outros, como o gene da crista ervilha (Peacomb) melhoram a habilidade da ave de dissipar calor de maneira indireta.

O gene do pescoço pelado (Na) apresenta interação alélica do tipo dominância incompleta. Além da ausência de penas na cabeça e pescoço, o gene determina empenamento reduzido nas regiões laterais do peito e em outras áreas do corpo. Nos genótipos (NaNa), a redução pode chegar a 40%. Essas áreas desprovidas de pena promovem uma maior taxa de dissipação de calor. Estudos demonstram que em temperatura ambiente acima de 30°C, as aves de pescoço pelado (NaNa e Nana) apresentaram maior ganho de peso e conversão alimentar, que aquelas de plumagem normal (nana). Essas diferenças aumentam com o avanço da idade.

O gene (Na) também melhora o rendimento de carcaça e de peito.

Em aves de postura, pesquisas demonstram que em situação de estresse calórico, as aves portadoras do gene (Na) apresentam maior taxa de postura (16%) e de peso médio de ovo maior (3 a 4g).

Em machos, mantidos em temperaturas acima de 30°C, o gene (Na) resultou em maior volume de sêmen e maior concentração de espermatozoides.

Desta forma, pode-se concluir que a introgressão do gene (Na) em linhagens selecionadas, melhora a adaptação das aves ao clima tropical e conseqüentemente melhora o desempenho produtivo (conversão alimentar e ganho de peso diário) e a produção de ovos.

O gene crespo autossômico e de dominância incompleta, condiciona o curvamento do contorno das penas para o lado de fora do corpo das aves, implicando em uma redução no tamanho das penas, proporcionando uma elevação na perda de calor corporal.

Os resultados de pesquisas sobre a produção, em condições de temperatura elevada, mostram que o gene crespo, melhora a conversão alimentar, o ganho de peso, favorece a produção e o peso do ovo.

ADAPTAÇÃO DOS SUÍNOS

Os suínos apresentam o aparelho termorregulador pouco desenvolvido. São animais sensíveis ao frio quando pequenos e sensíveis ao calor quando adultos, o que dificulta a sua adaptação aos trópicos.

A dificuldade de se adaptar ao calor é devido principalmente ao seu elevado metabolismo, a capa de tecido adiposo subcutâneo e seu sistema termorregulador pouco desenvolvido e glândulas sudoríparas queratinizadas.

As perdas de calor corporal nos suínos se dão, mais efetivamente, por meios não- evaporativos (condução, radiação e convecção). Apesar de apresentarem glândulas sudoríparas com estrutura morfológica bem desenvolvida, essas são queratinizadas, resultando em baixas taxas de sudorese, ficando as perdas de calor por evaporação mais limitadas às perdas respiratórias que às cutâneas.

Em temperaturas abaixo da zona de conforto, os suínos (principalmente os leitões) ativam mecanismos para manter a temperatura corporal. Esses atuam diminuindo a perda de calor corporal e aumentando a produção de calor metabólico.

Para diminuir a perda de calor, ocorre vasoconstrição, objetivando diminuir a condução de calor do sangue para a pele. Também, ocorre a piloereção que permite reter uma espessa camada de ar isolante em contato com a pele, para diminuir a transferência de calor para o meio ambiente.

O suíno altera a sua postura na tentativa de reduzir a sua área superficial de radiação e da perda de calor por condução.

O hipotálamo também envia impulsos para estimular a produção de calor através do incremento calórico do alimento. O animal aumenta a ingestão de alimento, ocorre tremor muscular para aumentar a termogênese.

Por fim, ocorre aumento da secreção de tirosina que é responsável pelo aumento do metabolismo basal.

Já os animais que se encontram em temperatura ambiente acima da zona de conforto térmico, necessitam aumentar a perda de calor corporal e diminuir a produção do mesmo.

Nos animais, ocorre uma vasodilatação periférica para aumentar a transferência de calor para a pele e conseqüentemente aumentando a perda de calor por condução e convecção.

Entretanto, quando a temperatura ambiente se aproxima de 30°C, as trocas de calor sensíveis são reduzidas e começa a prevalecer a troca de calor latente (evaporação pelo trato respiratório), sendo responsável por até 60% da perda de calor do animal. Assim, os suínos aumentam a taxa respiratória em até 100%.

Por fim, os animais diminuem sua atividade física, consumo de ração e a produção dos hormônios da tireóide.

CONCLUSÃO

As raças de animais zootécnicos sofreram adaptações às variações climáticas ao ambiente onde foram selecionadas. Entender como os ajustes fisiológicos, anatômicos e comportamentais atuam para manter a homeotermia destes animais é de suma importância para os programas de melhoramento genético, para o manejo nutricional e na definição da ambiência dos sistemas de produção.

BIBLIOGRAFIA

- BAÊTA, F.C.; SOUZA, C.F. Ambiência em Edificações Rurais. Viçosa: UFV. 1997.
- COSTA, M.P. Primeiro Ciclo de Palestras Sobre Bioclimatologia Animal. Botucatu: FUNESP. 1989.
- CURTIS, S.E. Environmental Management in Animal Agriculture. Ames: Iowa State University, 1983. 409p.
- HAFEZ, E.S.S. Adaptación de los Animales Domésticos. Barcelona: Labor, 1973. 563.
- NÂÃS, I.A. Princípios de Conforto Térmico na Produção Animal. São Paulo: Ícone. 1989.
- SILVA, I.J.O. Ambiência e Qualidade na Produção Industrial de Suínos. Piracicaba: FEALQ. 1999.
- SILVA, R.G. Introdução à Bioclimatologia Animal. São Paulo: Nobel. 2000.

SILVA, I.J.O. *Ambiência na Produção de Aves em Clima Tropical*. Vol. I
Piracicaba: FUNEP. 2001.

SILVA, I.J.O. *Ambiência na Produção de Aves em Clima Tropical*. Vol. II
Piracicaba: FUNEP. 2001.

SOUSA, P. *Conforto Térmico e Bem estar na Suinocultura*. Lavras: UFLA. 2004.

TEIXEIRA, V.H. *Instalações e Ambiência para Bovinos de Leite*. Lavras: UFLA.
2001.

Revista Brasileira de Zootecnia.

Anais do Encontro Anual de Bioclimatologia.

Journal Animal Science